

**О. В. РИБАЛОВА**, канд. техн. наук, доц., НУ цивільного захисту України, Харків

**Є. О. ВАРИВОДА**, канд. геогр. наук, доц., НУ цивільного захисту України, Харків

**В. А. СКИБА**, студ., НУ цивільного захисту України, Харків

### **ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ**

Запропоновано новий підхід для оцінювання екологічного ризику погіршення стану ґрунтів з метою подальшого визначення допустимого антропогенного навантаження. Проведено оцінювання ризику забруднення ґрунтів важкими металами для здоров'я населення на прикладі Харківського району.

**Ключові слова:** екологічний ризик, ґрунти, здоров'я населення.

Предложен новый подход для оценивания экологического риска ухудшения состояния почв с целью дальнейшего определения допустимой антропогенной нагрузки. Проведено оценивание риска загрязнения почв тяжелыми металлами для здоровья населения на примере Харьковского района.

**Ключевые слова:** экологический риск, почвы, здоровье населения.

The new approach for the assessment of ecological risk of the soils degradation has been developed with the aim of acceptable anthropogenic pressure identification. The assessment of the risk of impact of soils contamination by heavy metals on the people's health on the example of Kharkivskiy region has been accomplished.

**Keywords:** ecological risk, soils, people's health.

### **Постановка проблеми**

Сучасне використання земельних ресурсів України вимагає прискореного впровадження принципів раціонального природокористування, першим й найважливішим етапом якого повинна стати комплексна оцінка якісного стану ґрунтів і визначення припустимого антропогенного навантаження.

Найбільш перспективним методом ідентифікації зон підвищеної екологічної небезпеки є оцінка екологічного ризику на різних ієрархічних рівнях територіальної організації. Даний метод дозволяє визначити допустимий антропогенний тиск з метою збереження рівноваги природного середовища з забезпеченням відтворення основних її компонентів, а також приймати необхідні цільові управлінські рішення щодо пом'якшення негативного впливу та пріоритетності впровадження природоохоронних заходів [1-2].

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

В Україні та інших країнах світу використовують різноманітні методи екологічного нормування окремих компонентів довкілля, що засновані на використанні гранично допустимих значень окремих показників їх стану, в основному концентрацій вмісту шкідливих та забруднюючих речовин та деяких показників фізичного стану цих компонентів.

Фахівцями УкрНДІЕП розроблено нову методики комплексної оцінки екологічного стану ґрунтів, що призначена для її застосування при визначенні рівня забрудненості ґрунтів різних регіонів України [3-4]. Основний принцип вибору параметрів стану із великої сукупності характеристик ґрунту – це не прагнення характеризувати ґрунт найбільше повно, а концентрація уваги на тих властивостях ґрунту, які найбільшою мірою піддані змінам під впливом антропогенних факторів, тобто можуть служити інтегральним показником цих змін.

Показники, що використовуються для оцінки стану ґрунтів, як правило, визначають структуру угідь та покриву, екологічну стійкість, родючість, продуктивність та бонітет відповідного виду земельних ресурсів.

Оцінка екологічного ризику пов'язана в загальному випадку з аналізом ризику від джерел небезпеки природного походження, а також з ризиком, що виникає внаслідок забруднення і дії інших антропогенних чинників на всіх рівнях. Для отримання ефективних оцінок кожна компонента ризику повинна бути адаптована до проблем відповідного просторового масштабу.

### **Постановка завдання та його вирішення**

В статті запропоновано підхід до оцінювання екологічного ризику погіршення стану ґрунтів при збереженні існуючих тенденцій антропогенного тиску з метою визначення рівня небезпечності природокористування, та зроблено більш детальну оцінку ризику для здоров'я населення при сучасному стані забруднення ґрунтів важкими металами на прикладі Харківського району, що представляє наукову новизну роботи.

В загальному розумінні, екологічний ризик представляє собою ймовірність виникнення несприятливих ефектів для існування екосистем та життєдіяльності суспільства, в тому числі й для здоров'я населення, внаслідок антропогенного тиску на довкілля або впливу природних чинників.

В узагальненому вигляді екологічний ризик зводять до двох типів:

- ризик порушення стійкості екосистем ( $P$ ), прискорення процесів деградації життєдіяльності флори і фауни в результаті реального і потенційного забруднення навколишнього середовища;
- ризик здоров'ю населення ( $R$ ), який є ймовірністю розвитку у населення несприятливих для здоров'я ефектів [5].

Загальну модель оцінки екологічного ризику наведено нижче [1]:

$$M = \left\{ q_p \mid p = \overline{1, n} \right\}, \quad (1.1)$$

де:

$M$  – множина чинників ризику;

$q_p$  – чинник  $p$ -го типу ризику.

Для оцінки екологічного ризику доцільно використовувати системний аналіз багатофакторних ризиків для  $i$ -тих компонентів навколишнього природного середовища в узагальненій формі, який обумовлює можливість адаптації до конкретних умов.

Кожний  $j$ -ий показник  $x_{ij}$   $q_p$  – чинника ризику визначається інформаційним вектором  $I_{ipj}$ :

$$I_{ij} = \{x_{ij} | x_{ij} = \langle x_{jq} | q = \overline{1, n_{ij}} \rangle; x_{ijq} \in Z_{ijq}; j \in N_p\}, \quad (1.2)$$

Кожний чинник ризику  $q_p$  характеризується показником антропогенного навантаження  $H_p$  та природними чинниками.

Антропогенне навантаження як причина порушення стійкості екосистем пов'язується з  $j$ -ою кількістю показників  $h_{pj}$  [1]:

$$H_p = \{h_{pj} | p \in N; j = \overline{1, n_p}\}, N \in [1, n], \quad (1.3)$$

де:

$H_p$  – сучасний рівень антропогенного навантаження на  $i$ -ий компонент навколишнього середовища, що викликає  $p$ -ий вид ризику появи негативних наслідків для екосистеми;

$N$  – кількість чинників  $p$ -го виду ризику впливу антропогенного навантаження на  $i$ -ий компонент навколишнього середовища.

Безумовно, екологічний ризик ( $P$ ) як ймовірність порушення стійкості екосистем залежить від існуючого стану компонентів екосистеми ( $K_i$ ) та впливу сучасного або потенційного антропогенного навантаженням ( $H_i$ ) і може бути виражена функцією [1]:

$$P = f_i(K_i, H_i), \quad (1.4)$$

В загальному вигляді ймовірність порушення екологічної стійкості та початку деградаційних процесів  $i$ -го компоненту навколишнього середовища під впливом негативних чинників визначається за формулою [1]:

$$P = 1 - \prod_{i=1}^k (1 - P_i), \quad (1.5)$$

де:

$P_i$  – ймовірність порушення стійкості екосистем залежить від існуючого стану  $i$ -тих компонентів екосистеми;

$K_i$  – стан  $i$ -го компоненту навколишнього середовища;

$H_i$  – рівень антропогенного навантаження на  $i$ -тий компонент навколишнього середовища.

Оцінка екологічного ризику при сучасному стані  $i$ -го компоненту навколишнього середовища визначається за формулою [1]:

$$P_i^c = f_i(K_i^c, H_i^c), \quad (1.6)$$

де:

$K_i^c$  – сучасний стан  $i$ -го компоненту навколишнього середовища;

$H_i^c$  – сучасний рівень антропогенного навантаження від впливу негативних чинників на  $i$ -тий компонент навколишнього середовища.

Екологічний ризик для ґрунтів визначається за формулою:

$$P_s^c = f(S_d \langle d = \overline{1, N_s} \rangle, H_{sl} \langle l = \overline{1, N_{hs}} \rangle), \quad (1.7)$$

де:

$S_d$  – сучасний стан ґрунтів;

$H_{sl}$  – інтегральна оцінка сучасного рівня антропогенного навантаження від впливу негативних чинників на ґрунти за  $d$ -тим показником.

Досягнення критичного стану ( $K_i^k$ )  $i$ -го компонента навколишнього середовища, при якому відбувається розвиток деградаційних процесів та порушення стійкості екосистеми, може відбутися за декількома сценаріями. По-перше, коли сучасний стан екосистеми знаходиться поблизу критичного, тоді навіть невелике антропогенне навантаження ( $H_i$ ) може призвести до інтенсивного розвитку деградаційних процесів, по-друге, коли антропогенне навантаження перевищує допустимі обсяги.

Для більш детальної оцінки екологічного ризику необхідно врахувати здатність екосистеми до самовідновлення, віддаленість екосистем від джерела впливу, тривалість впливу чинників антропогенного навантаження тощо.

Тоді ризик порушення стійкості  $i$ -го компоненту екосистеми може бути виражений функцією:

$$P_i = f(r, K_i^k, H_i, L, t), \quad (1.8)$$

де:

$K_i^k$  - критичний стан  $i$ -го компоненту навколишнього середовища;

$r$  – віддаленість екосистем від джерел впливу;

$t$  – час, за який екосистема досягне критичного стану;

$L$  – здатність екосистеми до самовідновлення від негативного ефекту антропогенного навантаження  $H_i$ .

За представленою методикою розраховано екологічний ризик погіршення стану ґрунтів України (рис. 1).

Наступний етап роботи полягав в оцінюванні ризику здоров'ю населення при сучасному стані забруднення ґрунтів важкими металами на прикладі Харківського району Харківської області, оскільки на даний час відсутність розповсюдженої системи моніторингу ґрунтів не дає можливості у повній мірі оцінити забруднення ґрунтів важкими металами.

Харківський район межує з потужним мегаполісом – м. Харків, який характеризується постійним збільшенням одиниць приватного транспорту та транспорту загального користування, що є одним із найбільших джерел надходження свинцю та цинку до ґрунту, тому пріоритетними агентами ризику в даному дослідженні визначено саме свинець та цинк.

Для оцінки припустимих індивідуальних ризиків, пов'язаних з небезпечними видами діяльності, у Великобританії використовуються так звані критерії Ешбі.

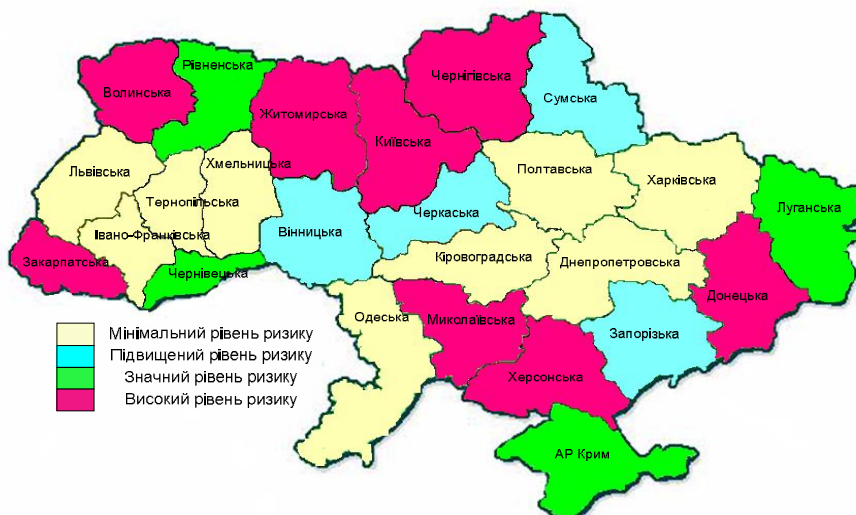


Рис. 1. Екологічний ризик погіршення стану ґрунтів України

Вони являють собою імовірності одного фатального випадку (однієї смерті) у рік. Характеристики цих критеріїв наведені в таблиці 1 [6].

Таблиця 1. Критерії прийнятності ризику (за Ешбі)

Ранг ризику	Імовірність однієї смерті в рік	Ступінь прийнятності
1	Не менш $1 \cdot 10^{-3}$	Ризик неприйнятний
2	$10^{-4}$	Ризик прийнятний лише в особливих обставинах
3	$10^{-5}$	Потрібно детальне обґрунтування прийнятності
4	$10^{-6}$	Ризик прийнятний без обмежень

За моделлю (табл.2) розподілу залежності “доза – ефект” розраховано індивідуальний ризик спричинений забрудненням ґрунтів Харківського району свинцем та цинком [6].

Таблиця 2. Вихідні дані моделі для розрахунку ризику здоров'ю людей через забруднення ґрунтів Харківського району

Агент ризику	ГДК (рухомі форми), мг/кг	Клас небезпеки	Коефіцієнт запасу
Цинк	23	1	7,5
Свинець	2	1	7,5

Індивідуальний ризик розраховується за формулою 1.9 [6]:

$$R_i = 1 - \exp \left[ \ln 0,84 \left( \frac{C}{ГДК \cdot K_z} \right)^\beta \cdot t \right], \quad (1.9)$$

де:

$R_i$  – індивідуальний ризик розвитку порушень здоров'я через забруднення ґрунтів Харківського району агентами ризику (свинцем, цинком);

$ГДК$  – гранично допустима концентрація рухомих форм агентів ризику у ґрунті;

$K_z$  – коефіцієнт запасу, що встановлюється в залежності від класу небезпеки речовини;

$C_i$  – концентрація агента ризику в ґрунті;

$\beta$  – кут нахилу;

$t$  – час.

Параметри  $K_z$  рекомендовані для розрахунків для тривалості зараження 25 років. В зв'язку з цим, щоб отримати річний індивідуальний ризик  $R_{i-tl-y}$  (формула 1.10) необхідно результат розрахунку  $R_i$  поділити на 25. Цю процедуру варто здійснювати після розрахунку сукупного ризику  $R_{i-tl}$  шляхом підсумовування індивідуальних ризиків за окремими агентами для окремої рецепторної точки [6].

$$R_{i-tl-y} = \frac{R_{i-tl}}{25} \quad (1.10)$$

де:

$R_{i-tl}$  – річний індивідуальний ризик;

$R_{i-tl}$  – сукупний ризик.

Отримані значення індивідуального ризику, спричиненого забрудненням ґрунтів району свинцем та цинком представлено в таблиці 3.

Таблиця 3. Індивідуальний ризик на території Харківського району

№ точ- ки	Розташування рецепторних точок	Цинк		Свинець		$R_{i-tl}$	$R_{i-tl-y}$
		$C$ (мг/кг)	$R_i$	$C$ (мг/кг)	$R_i$		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	ТОВ "Відродження"	1,38	0,00136	2,04	0,02312	0,02448	$9,8 \cdot 10^{-4}$
2.	ДГ "Кутузівське"	2,08	0,00205	2,21	0,02505	0,02710	$1,08 \cdot 10^{-3}$
3.	ТОВ "Циркунівське"	1,53	0,00151	1,94	0,02199	0,02349	$9,4 \cdot 10^{-4}$
4.	ДГ "Україна Слобідська"	1,56	0,00154	2,31	0,02618	0,02772	$1,11 \cdot 10^{-3}$
5.	ДГ "Елітне"	1,48	0,00146	2,13	0,02414	0,02560	$1,02 \cdot 10^{-3}$
6.	ТОВ АФ "Надія"	1,41	0,00139	1,26	0,01428	0,01567	$6,3 \cdot 10^{-4}$
7.	Учгосп "Комуніст"	0,99	0,00098	0,87	0,00986	0,01084	$4,3 \cdot 10^{-4}$
8.	ТОВ АФ "Нива"	1,55	0,00153	1,68	0,01904	0,02057	$8,2 \cdot 10^{-4}$
9.	ТОВ "Харківплемсервіс"	2,32	0,00229	2,20	0,02493	0,02722	$1,09 \cdot 10^{-3}$
10.	ТОВ АВ "Рассвет"	2,00	0,00197	2,69	0,03049	0,03246	$1,3 \cdot 10^{-3}$
11.	ДГ "Оберіг"	1,80	0,00177	2,12	0,02403	0,02580	$1,03 \cdot 10^{-3}$
12.	СВК "Червоний партизан"	2,21	0,00218	2,62	0,02969	0,03187	$1,27 \cdot 10^{-3}$
13.	ДГ "Комунар"	2,11	0,00208	3,32	0,03763	0,03971	$1,59 \cdot 10^{-3}$
14.	ТОВ "Маяк"	1,74	0,00171	2,55	0,02890	0,03061	$1,22 \cdot 10^{-3}$
15.	Люботинська ПТФ	2,04	0,00201	2,11	0,02391	0,02592	$1,04 \cdot 10^{-3}$
16.	АТ "Утківське"	1,54	0,00152	1,89	0,02142	0,02294	$9,2 \cdot 10^{-4}$

Розрахований ризик, що спричинений забрудненням ґрунтів Харківського району свинцем та цинком, для більшої частини рецепторних точок (10) є неприйнятним, а для 6 – ризик прийнятний лише в особливих обставинах (річний індивідуальний ризик знаходиться у межах від  $1,59 \cdot 10^{-3}$  до  $9,8 \cdot 10^{-4}$  – за критеріями Ешбі).

$K_z$ , визначається для речовин: 1 – го класу небезпеки на рівні (як мінімум) 7,5; 2 – го класу – на рівні 6; 3 – го класу – на рівні 4,5; 4 – го класу – на рівні 3.

Аналізуючи отримані данні можна зробити висновок, що південна частина Харківського району характеризується найвищим значенням індивідуального ризику – в межах від  $1 \cdot 10^{-3}$  до  $1 \cdot 10^{-2}$ . Для основної частини території Харківського району значення індивідуального ризику становить від  $5 \cdot 10^{-4}$  до  $1 \cdot 10^{-3}$ . Окремі ділянки території Харківського району: північно-західна, південно-східна та

південна характеризуються значенням індивідуального ризику, що становить  $< 5 \cdot 10^{-4}$ .

Високе значення ризику можна пояснити навантаженням на ґрунти викидів забруднюючих речовин та накопиченням відходів від промислових підприємств, які розташовані в цьому районі, наприклад, Роганська картонна фабрика, Мереш'янський скляний завод.

### **Висновки**

Впровадження методики визначення екологічного ризику забруднення ґрунтів дозволяє ідентифікувати зони підвищеної екологічної небезпеки при існуючому ступені антропогенного навантаження. Отриманні данні дають науково-інформаційне підґрунття для розробки та подальшого впровадження цільових природоохоронних заходів щодо забезпечення збалансованого використання і відтворення компонентів навколишнього природного середовища з метою прагнення до гармонійної взаємодії природи і суспільства.

**Список літератури:** 1. Ієрархічний підхід до оцінювання екологічного ризику погіршення стану екосистем поверхневих вод України [Текст] / О. Г. Васенко, О. В. Рибалова, О. В. Поддашкін [та ін.] // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та техногенної безпеки : зб. наук. праць УкрНДІЕП. – Харків, 2010. – Вип. XXXII. – С. 75-90. 2. Оцінка та управління екологічним ризиком погіршення сучасного стану ґрунтів України як основа для вирішення регіональних проблем поводження з відходами [Текст] / О. В. Рибалова, О. В. Поддашкін, Г. В. Півень [та ін.] // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та техногенної безпеки : зб. наук. праць УкрНДІЕП. – Харків, 2010. – Вип. XXXII. – С. 54-63. 3. Поддашкін О. В. Комплексна оцінка якісного стану ґрунтів Харківської області [Текст] / О. В. Поддашкін, О. В. Рибалова // Екологія і здоров'я людини, охорона водного і повітряного басейнів, утилізація відходів : зб. наук. праць XV Міжнар. наук.-практ. конф. – Харків, 2007. – Т. 1. – С. 309-322. 4. Коваленко О. М. Аналіз якісного стану ґрунтів Харківської області та причин їх забруднення [Текст] / О. М. Коваленко, О. В. Поддашкін, О. В. Рибалова // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2009. – № 5 (11). – С. 116-132. 5. Коваленко Г. Д. Екологічний ризик погіршення стану навколишнього природного середовища України при збереженні існуючих тенденцій антропогенного навантаження [Текст] / Г. Д. Коваленко, Г. В. Півень, О. В. Рибалова // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : зб. наук. праць Міжнар. наук.-практ. конф. – Харків, 2009. – Т. 1. – С. 52-56. 6. Ваганов П. А. Экологический риск [Текст] : учеб. пособие / П. А. Ваганов, Им Ман-Сунг. – СПб. : Изд-во С. Петерб. ун-та, 1999. – 116 с.

*Поступила в редколлегию 06.12.2011*

**УДК 303.732.4:504.064**

**Г.О. СТАТЮХА**, докт.техн.наук, проф., зав.каф., ХТФ, НТУУ«КПІ», Київ

**Т.В. БОЙКО**, канд. техн. наук, доц., зав.каф., ХТФ, НТУУ«КПІ», Київ

**А.О. АБРАМОВА**, асис, ХТФ, НТУУ«КПІ», Київ

## **СИСТЕМНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРОЕКТОВАНИХ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ**

Досліджені питання системного оцінювання екологічної безпеки. Розроблено метод системного оцінювання екологічної безпеки при проектуванні промислових об'єктів, що складається із системи індексів оцінювання впливів на навколишнє середовище та моделі оцінювання екологічного ризику.